



---

## PROPRIEDADES MECÂNICAS DE BIOPLÁSTICOS EXTRUDADOS TERMOPRENSADOS DE AMIDO DE MILHO E DE MANDIOCA

---

Juan Antonio Ruano Ortiz<sup>1</sup>, Carlos Wanderlei Piler Carvalho<sup>2\*</sup>, José Luis Ramírez Ascheri<sup>2</sup>, Cristina Yoshie Takeiti<sup>2</sup>, Thaísa de Meneses Alves Moro<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Programa de Pós Graduação em Ciência e tecnologia de Alimentos, UFRRJ, Seropédica/RJ

<sup>2</sup>Laboratório de Extrusão, Embrapa Agroindústria de Alimentos, 23020-470, Rio de Janeiro/RJ\*  
[cwpiler@ctaa.embrapa.br](mailto:cwpiler@ctaa.embrapa.br)

**Projeto Componente:** PC3

**Projeto Componente:** PC6

**Plano de Ação:** PA2

**Plano de Ação:** PA3

---

### Resumo

O objetivo deste trabalho foi processar bioplásticos feitos de misturas de amido de milho e amido de mandioca por extrusão, a partir de fontes naturais e que apresentem uma maior semelhança mecânica quando comparados com os polímeros sintéticos. Empregou-se um delineamento fatorial fracionado 2<sup>6-2</sup> para avaliar as condições de processo relevantes nas variáveis deformação na ruptura, resistência a tração e módulo de elasticidade. Pode se concluir que dentro das condições de processo obtiveram-se mudanças interessantes que podem favorecer mecanicamente este tipo de biopolímeros.

**Palavras-chave:** Reologia, Textura, Modulo de Young.

---

### Introdução

Bioplásticos usados na elaboração de embalagens ou como material de revestimento, têm sido apontados com grande potencial para melhoria da qualidade e redução de perdas de produtos vegetais, além de contribuírem para a redução de lixo, devido a sua rápida e total degradação no meio ambiente. O amido é abundante na natureza e apresenta baixo custo, entretanto, sua utilização como material de embalagem é limitada por características reológicas e mecânicas [1]. Uma das soluções diferenciadas para tentar corrigir as dificuldades técnicas é tornar o amido mais plástico, o que pode ser feito na presença de um plastificante (água e glicerol) em altas temperaturas (90 - 180°C), com uma taxa de cisalhamento, como ocorre na extrusora. No processamento de extrusão termoplástica ocorre sua plasticização que permite seu uso em equipamentos de injeção, extrusão e sopro, como para os plásticos sintéticos [2].

Para obter um amido termoplástico é necessário que o amido perca sua estrutura granular semicristalina

e adquira comportamento similar ao de um plástico derivado de petróleo [1]. A água adicionada à formulação tem a função de desestruturar o grânulo de amido nativo, rompendo as ligações de hidrogênio entre as cadeias de amilose e amilopectina, originando um produto plástico. O objetivo deste projeto é elaborar filmes de amido termoplásticos obtidos a partir de misturas de amidos de diferentes fontes (milho e mandioca) avaliando-se a rotação dos parafusos, porcentual de plastificante na fração líquida, temperatura, taxa de alimentação e fluxo de plastificante.

---

### Materiais e métodos

O processo de elaboração dos bioplásticos foi conduzido em uma extrusora de duplo parafuso Clextral Evolun HT25 (Firminy, França). A extrusão de cada tratamento foi iniciada após o aquecimento programado das 10 zonas de aquecimento, controle da mistura de amidos (milho/mandioca), umidade inicial das misturas (13%), ajuste do parafuso alimentador, velocidade de parafuso, fluxo de água,

concentração de plastificante/água (%), segundo um planejamento experimental fatorial fracionado  $2^{6-2}$  (Tab. 1).

**Tab. 1-** Níveis codificados das variáveis independentes do experimento.

| Variáveis     | Níveis |       |       |
|---------------|--------|-------|-------|
|               | -1     | -0    | 1     |
| Glicerol (%)* | 70     | 80    | 90    |
| Vp (rpm)      | 145    | 150   | 155   |
| AMI:AMA       | 20:80  | 30:70 | 40:60 |
| Temp. (°C)    | 70     | 80    | 90    |
| Fp**(L/h)     | 1,5    | 2     | 2,5   |
| Ta (Kg/h)     | 5      | 6     | 7     |

\* Glicerol adicionado na água do sistema.

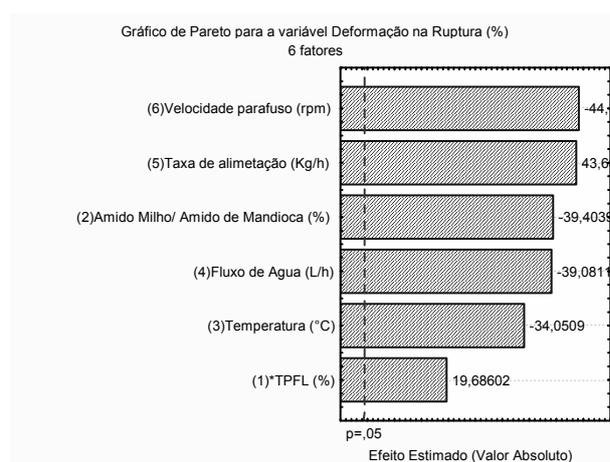
O material extrudado em formato de fita, foi cortado em pedaços regulares com 5g cada um e depositado entre duas lâminas de Teflon® e termoprensados em prensa hidráulica manual de 30 ton (GJR Comércio e Usinagem Mecânica Ltda, São Carlos, Brasil) a 10 ton de força por 30 segundos sob temperatura de 90°C. Posteriormente, o material termoprensado foi resfriado por 2,5 minutos em freezer, o que permitiu uma remoção mais fácil das lâminas de Teflon®.

A tensão e deformação na ruptura e o módulo de elasticidade foram determinados baseando-se no método padrão D 828-95a da American Society for Testing and Materials (ASTM) [3]. Os compósitos em formato de fitas foram cortados em corpos de prova com 30 mm de largura e 100 mm de comprimento e fixados em um analisador de textura TA XT plus (Stable Microsystems, Surrey, Inglaterra). A distância inicial ( $l_0$ ) entre as garras foi de 30 mm e a velocidade de tração 0,9 mm/s. A tensão na ruptura foi calculada pela relação entre força e área da seção transversal inicial do filme, e a deformação na ruptura, considerada como deformação linear  $[(l - l_0) / l_0]$ , foram determinadas através da curva de tensão x deformação. O módulo da elasticidade foi calculado como sendo inclinação da região linear da curva de tensão em função da deformação.

## Resultados e discussão

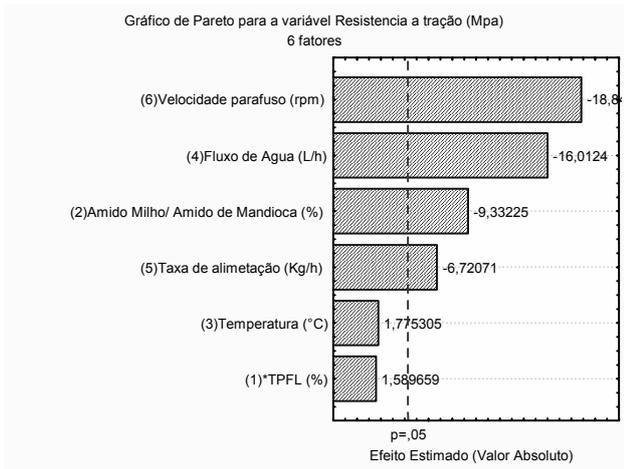
Na Fig. 1 podemos observar que todas as condições do processo são relevantes para a obtenção de resultados representativos, destacando que a maioria deles tem um efeito negativo, diminuindo a deformação na ruptura. Com exceção do teor de plastificante na fração líquida.

De acordo com a literatura [4], a deformação na ruptura na tração nos filmes de fécula de mandioca aumentou linearmente com o incremento da concentração de plastificantes de 10 para 25% respectivamente. No estudo de Palmu [5], filmes de glúten de trigo com diferentes teores de etanol e glicerol a diferentes pH, o aumento da deformação na tração e deu com a elevação da concentração de glicerol, enquanto o aumento da concentração de glúten a reduziu. Desta forma resulta interessante considerar ao teor de água como plastificante coadjuvante, pois em combinação com o glicerol ele tem uma significância sinérgica positiva como observado no texto anteriormente citado.



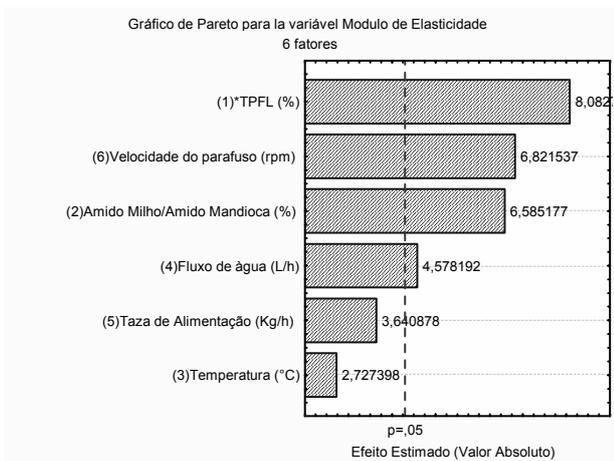
**Figura 1.** Efeito das seis variáveis quantitativas escolhidas, na Deformação na Ruptura dos bioplásticos.

Em quanto que a resistência na tração, podemos observar (Fig. 2), que todas as variáveis influenciam negativamente esta propriedade. Segundo a literatura a tensão na tração diminui com um aumento em concentração de plastificantes [5]. Embora nesta pesquisa esta variável tenha sido não significativa.



**Fig. 2.** Efeito das seis variáveis quantitativas escolhidas, na Resistência a Tração dos bioplásticos.

Para o Módulo de Elasticidade segundo outros estudos para os bioplásticos que contêm 10 e 20 partes de glicerol, o módulo de elasticidade foi alto e quando o conteúdo de glicerol aumentou para 30 partes, o módulo de elasticidade foi amolecido e ficou semi-rígidos [4] [5]. Segundo o citado podemos observar claramente que a quantidade de glicerol utilizada neste estudo proporcionou um aumento no módulo de elasticidade.



**Fig. 3.** Efeito das seis variáveis quantitativas escolhidas, no Módulo de Elasticidade dos bioplásticos.

## Conclusões

A porcentagem de deformação na ruptura reduziu com a velocidade de rotação dos parafusos, com o teor de amido de milho, teor ou vazão de plastificante (fração líquida) e temperatura,

enquanto aumentou com o teor de sólidos e o teor glicerol na fração líquida. A resistência à tração reduziu com a redução da velocidade de rotação dos parafusos, com a vazão de alimentação de líquidos, com o teor de amido de milho e com a vazão de sólidos. O módulo de elasticidade dos filmes aumentou com o teor de plastificante, com a velocidade de rotação do parafuso e proporção de amido de milho na mistura. Dessa forma, conclui-se que são as muitas variáveis do processamento influenciam significativamente nas propriedades mecânicas dos filmes.

## Agradecimentos

CNPq, FINEP, EMBRAPA AGROINDUSTRIA DE ALIMENTOS e especialmente ao Programa CAPES-Rede Nanobiotech Brasil nº07 (Edital CAPES 04/CII-2008)

## Referências

1. T. M. R. Castro. MSc. Theses. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
2. J. Zang; P. Mungara; J. Jane. *J. Polymer* 2001, 42, 2569.
3. ASTM. *ASTM Book of Standards for tensile properties of thin plastic sheeting*, Philadelphia, 1993.
4. N. M. Vicentini. DSc. Theses. UNESP, Botucatu, 2003.
5. P. S. T. Palmu. Dsc. Theses. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.